

извещателя. Такой способ не может использоваться при надзорных мероприятиях с ограниченным сроком проведения где требуется оперативность. Имитация срабатывания позволит оперативно оценить способность извещателя формировать сигнал «пожар» и проверить работоспособность АУПС в целом. Однако при таком способе проверки нельзя однозначно сделать вывод о работоспособности чувствительного элемента извещателя и дать гарантии о его надежной работе при пожаре.

Функциональный тест позволит получить наиболее достоверные результаты при высокой оперативности. Для реализации такого способа необходимо дополнительное оборудование, которое в настоящее время имеется только в арсенале ИПЛ и отличается высокой стоимостью как самого изделия, так и расходных материалов. Недостатком также является отсутствие универсального тестера для тепловых и дымовых точечных извещателей по доступной цене. Следует отметить, что производитель указанного оборудования – зарубежный, соответственно его стоимость привязана к курсу иностранной валюты, что в условиях политической нестабильности не является достоинством.

Следовательно, актуальной задачей является разработка экономичного и универсального тестера для наиболее распространенных типов пожарных извещателей – точечных тепловых и дымовых.

Список литературы

1. РД 009-01-96. Установки пожарной автоматики правила технического содержания. Введены в действие приказом МА «Системсервис» от 25 сентября 1996 года № 25.
2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 года N 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями на 30 декабря 2017 года).
3. Мировой лидер в технологии тестирования для систем пожарной сигнализации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.detectortesters.ru> (Дата обращения: 12.04.2018 г.).

СНИЖЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ В ТОНКОЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ ВЫСОКО-ПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ САЕ-АНАЛИЗА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Хайбрахманов Р.У., Коробов Ю.С.

Уральский федеральный университет г. Екатеринбург, Россия

redon15@mail.ru, yukorobov@mail.ru

Аннотация. Выполнен САЕ-расчет температурных полей при сварке пластин из стали 30ХГСА толщиной 1... 3 мм, определены максимальные остаточные напряжения и деформации при различных погонных энергиях и усилиях фиксирующих прижимов. Проведена экспериментальная проверка расчетов и проанализированы результаты.

Ключевые слова: сварка тонколистовых конструкций, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние.

REDUCTION OF DEFORMATIONS IN THIN-SHEET CONSTRUCTIONS FROM HIGH-STRENGTH STEELS ON THE BASIS OF CAE-ANALYSIS OF WELDED JOINTS

Khaybrakhmanov R., Korobov Yu..

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. CAE-calculation of temperature fields for welding plates made of 30KhGSA steel with a thickness of 1 ... 3 mm is performed, using the maximum residual stresses and deformations at various linear energies and forces of fixing clamps. Experimental verification of calculations and analyzed results is carried out.

Key words: welding of thin plates, finite element method, stress-strain state.

Целью является снижение деформаций в тонколистовых конструкциях из высокопрочных сталей на основе САЕ-анализа сварных соединений, без снижения технологической прочности сборки. Исследован порядок изменения напряжения и деформации на основании изменения жесткости фиксации приспособления на

сварной тонколистовой обечайке из стали 30ХГСА рис.1. Для упрощения расчетов обечайку с продольным швом, рис.1а, заменили на пластины, свариваемые встык. Схема нагружения включает в себя усилия от тепловых нагрузок процесса сварки и от четырех прижимов приспособления, площадь каждого 100 мм², рис.1б.

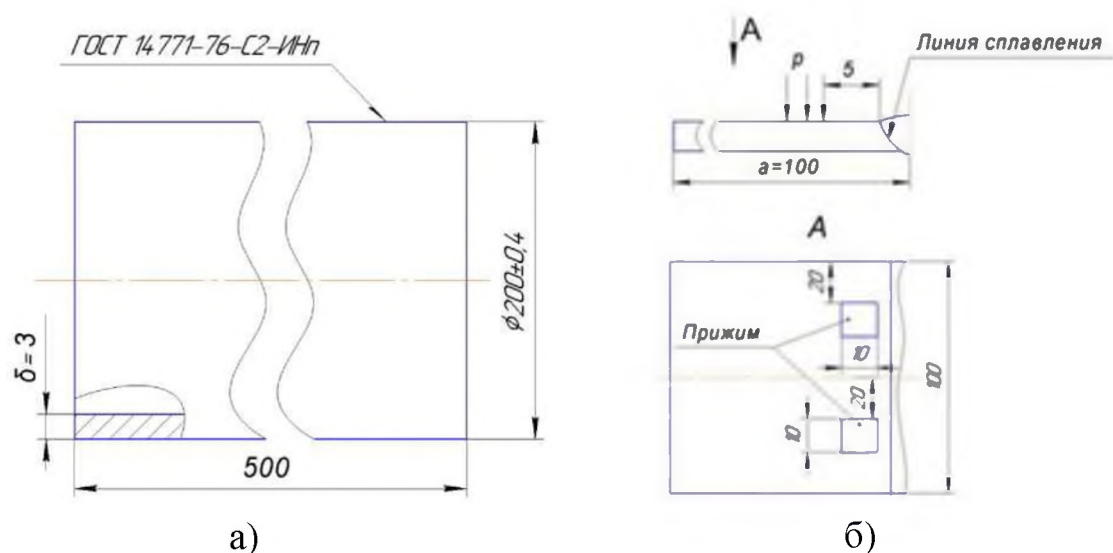


Рисунок 1- а - эскиз детали; б - схема соединения, выбранного для расчетов

Это дает аналогичные результаты расчетов НДС при следующих условиях [2, 3]:

$$D/(2\delta) > 20, a/\delta > 5, \text{ обозначения на рис. 1} \quad (1)$$

Погонную энергию сварки (q) использовали в интервале 100...600 Дж/мм, что соответствует типовым режимам аргонодуговой сварки тонколистовой стали [4]. Расчеты проведены на 9 образцах по 3 образца на каждую из толщин, табл. 1.

1. Усилия прижимов (P) разбиты на три группы: например, для пластин толщиной $\delta = 3$ мм: $P = 0$ - соответствует свободным перемещениям; $P = 5000$ Н - согласно опытным данным, является жестким закреплением, при котором усилие от теплового расширения недостаточно для преодоления сил трения, создаваемого прижимом; $0 < P < 5000$ Н - варьируемая нагрузка.

Структурные превращения соответствуют термокинетической диаграмме для стали 30ХГСА в отожженном состоянии, когда структура включает феррит и перлит [1].

Таблица 1 - Параметры исследования для образцов

Номер образца	δ , мм	P , Н	q , Дж/мм
1	1	0 - 10000	100
2	1		125
3	1		150
4	2		250
5	2		300
6	2		350
7	3	0 - 5000	400
8	3		500
9	3		600

Расчеты проводили в программном комплексе SYSWELD. Для решения термомеханической задачи использованы объемные элементы призматической

формы, образующие расчетную сетку. В области шва и зоны термического влияния сетка была сгущена по отношению к остальным ввиду значительных тепловых и механических градиентов рис. 2.

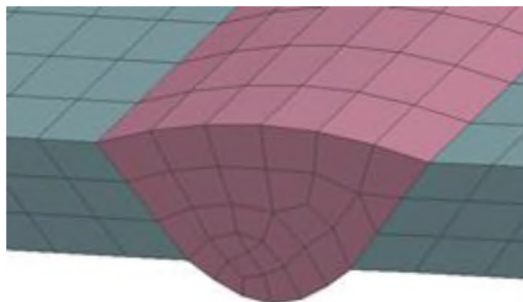


Рисунок 2 - Расчетная сетка для решения тепловой и механической задач

Расчет и анализ НДС. Сварочные деформации рассчитывали при помощи прикладываемых термических градиентов, вызывающих усадку в области сварного шва, рис. 3.

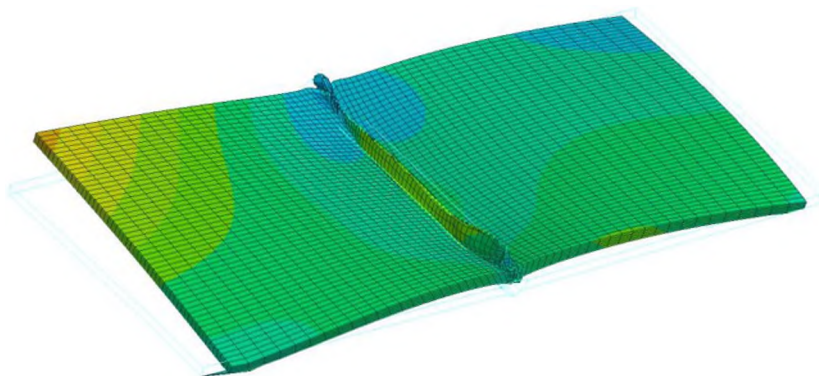


Рисунок 3 - Пример расчета деформаций

Пример результатов расчетов НДС в зависимости от усилия прижима при $q = 500$ Дж/мм приведен на рис. 4.

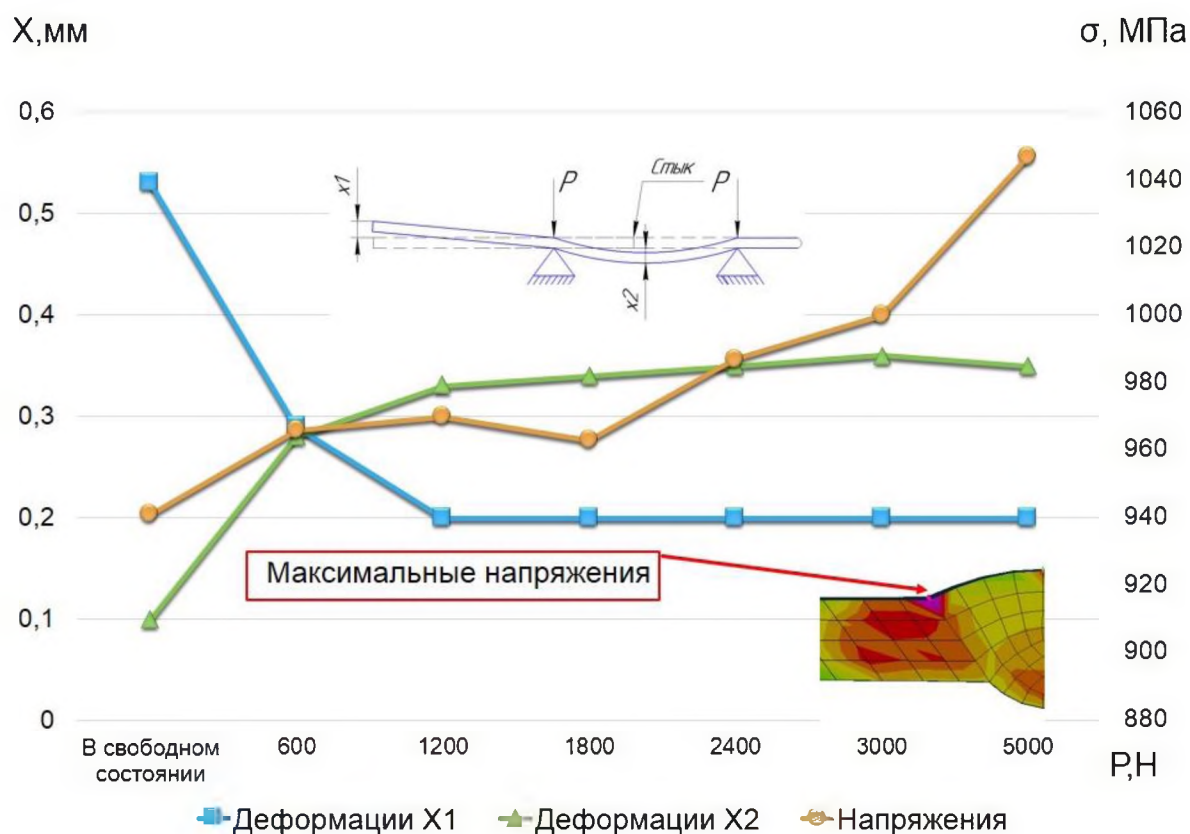


Рисунок 4 - Предельное изменение напряженно-деформированного состояния

Расчеты, в частности для пластин толщиной 3 мм, показывают, что явно выражено влияние усилия прижима. В этих образцах при усилии 600 Н происходит резкое падение уровня остаточных деформации без значительного повышения напряжений в околошовной зоне. С последующим увеличением усилия жесткости пластин недостаточно для преодоления сопротивления возникающего от действия прижима и максимальные деформации меняют свое расположение, смещаясь все ближе к сварному соединению. Расчеты показали, что для всех толщин и погонных энергий существует такое усилие $P_{кр}$, при котором область максимальных деформации меняет свою локализацию. При слишком большом усилии прижатия сила трения в прижиме превысит усилие от теплового расширения, что соответствует жесткому закреплению пластины между прижимами. В этом случае напряжения сжатия, вызванные сваркой, превысят критические напряжения, соответствующие потере устойчивости пластины на участке между прижимами.

При усилии прижима меньшем критического усилия напряжения от тепловых деформаций релаксируются в линейные деформации, что приводит к снижению напряжений в сварных соединениях и в околошовной зоне, а это в свою очередь позволяет ограничить деформации детали во время сварки.

Для проверки точности расчетов сваривали 3 образца из стали 30ХГСА согласно рис. 1б. Проверяли случаи сварки при $P = 0 \dots 5000$ Н. Режимы сварки: $I_{св}=120$ А, $U_d=12$ В, $V_{св} = 2$ мм/с. Сравнение расчетов и экспериментов показало, что погрешность расчетов менее 11 %, рис. 5.

Механические испытания пластин толщиной 3 мм, свариваемые при погонной энергии 500 Дж/мм показали, что при адаптивной нагрузке прочность сварного соединения на растяжение увеличена на 67%, а пластичность, по углу изгиба - на 20%. Вероятно, связано это с благоприятным условием кристаллизации металла шва.



Рисунок 5 - Данные сравнения экспериментальных и рассчитанных деформаций, мм, при различных усилиях, Н

4 Разработка методики выбора усилия прижима в зависимости от погонной энергии и толщины деталей. Для пользователей разработана методика выбора усилия прижима в зависимости от погонной энергии и толщины деталей. Пользователь выбирает из предустановленной базы данных толщину, марку материала, и запускает расчет, в результате которого происходит вывод графиков зависимостей остаточных напряжений и деформации от усилия прижима для различных погонных энергий, рис. 6. Эти расчеты применимы к анализу НДС в сварных соединениях цилиндрических обечаек, где выполняются соотношения геометрических параметров согласно уравнениям (1).

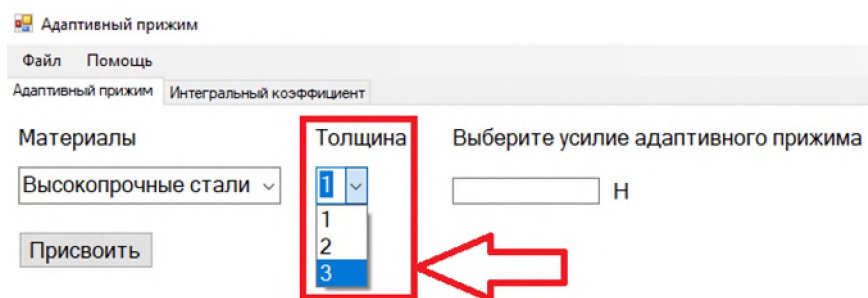


Рисунок 6 - Интерфейс расчета

Эта методика может быть использована для подготовки технического задания на проектирование сборочно-сварочных приспособлений.

Выводы. Выполнен САЕ-расчет и анализ НДС в тонколистовой обечайках толщиной 1...3 мм из высокопрочных сталей. Погрешность расчетов не превысила 11%. Показано, что деформации могут быть снижены на 34 - 49% путем изменения усилия фиксирующих прижимов. Кроме снижения трудоемкости сборочно-сварочных работ, улучшаются механические характеристики сварных соединений.

Список литературы

1. Шоршоров, М. Х. Белов В.В. Фазовые превращения и изменения свойств стали при сварке. Атлас. - М.:Наука, 1972, 219 с.
2. Неровный В.М. Теория сварочных процессов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, 752 с.
3. Серенко А.Н., Крумбольдт М.Н., Багрянский К.В. Расчет сварочных соединений и конструкций. Примеры и задачи. - Киев, Издательское объединение «Вища школа», 1977, 336 с.
4. Тарасов, В. А. Теоретические основы ракетостроения. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, 352 с.
5. Гатовских К.М., Кархин В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений. - Л.: ЛПИ, 1980, 331с.